



دانشگاه گنبد کاووس

نشریه "پژوهش‌های ماهی‌شناسی کاربردی"

دوره ششم، شماره چهارم، زمستان ۹۷

<http://jair.gonbad.ac.ir>

بررسی مسمومیت حاد با نیکل و آهن (96h) در ماهی سفید دریای خزر *Rutilus kutum* (Kamensky, 1901) تحت آزمایشات آب ساکن

محمد فرهنگي^۱، رحمان پاتيمار^۲

^۱استادیار، گروه شیلات، دانشکده کشاورزی و منابع طبیعی، دانشگاه گنبد کاووس، گنبد کاووس، ایران

^۲دانشیار، گروه شیلات، دانشکده کشاورزی و منابع طبیعی، دانشگاه گنبد کاووس، گنبد کاووس، ایران

تاریخ ارسال: ۹۶/۱/۱۹؛ تاریخ پذیرش: ۹۶/۳/۷

چکیده

آزمایشات به منظور تعیین غلظت کشنده فلزات نیکل (سولفات نیکل) و آهن (سولفات آهن) در ماهی سفید دریای خزر (*R. kutum*) انجام شد. آزمایشات به روش آب ساکن در مدت ۹۶ ساعت اجرا شد. ۱۳ قطعه بچه ماهی سفید با وزن متوسط 1 ± 0.5 گرم در معرض غلظت‌های مختلفی از نیکل (۴۰، ۳۵، ۳۰، ۲۵، ۱۵، ۵ میلی گرم در لیتر) و آهن (۱۶۰، ۱۵۵، ۱۵۰، ۱۴۰، ۱۲۰، ۱۰۰ میلی گرم در لیتر) قرار گرفتند. از نمک سولفات نیکل به عنوان یون نیکل و سولفات آهن دوظرفیتی به عنوان یون آهن در آزمایشات استفاده شد. یک گروه ۱۰ تایی از ماهیان نیز به عنوان شاهد در نظر گرفته شد. دما و pH در طول آزمایشات ثابت بود. بعد از گذشت ۹۶ ساعت و تحت شرایط ثابت با هوادهی، غلظت کشنده نیکل برابر ۴۰ میلی گرم در لیتر و غلظت کشنده آهن برابر ۱۵۵ میلی گرم در لیتر به دست آمد. با استفاده از منحنی درصد تلفات در غلظت‌های مختلف غلظت نیمه کشنده نیکل و آهن به ترتیب برابر ۱۸/۵۴ و ۱۲۴/۹ میلی گرم در لیتر به دست آمد. نتایج حاصل از آزمایشات نشان داد، با افزایش غلظت نیکل و آهن درصد تلفات به طور معنی داری افزایش می یابد. در غلظت‌های بالای نیکل و آهن تشنجات عصبی، باز و بسته شدن سریع سرپوش‌های آبششی مشاهده شد. در بررسی‌های آسیب شناسی آبشش ماهیان بیشترین ضایعات شامل خونریزی، پرخونی، هیپرپلازی و نکروز سلول‌های پوششی آبشش بود.

* نویسنده مسئول: s.farhangi@yahoo.com

واژه‌های کلیدی: *R. kutum*، تشنجات عصبی، غلظت نیمه‌کشنده، سولفات نیکل، آهن.

مقدمه

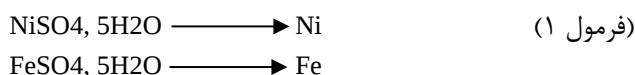
ماهی سفید (*R. kutum*) یکی از گونه‌های مهم و اقتصادی ماهیان استخوانی دریای خزر است. باتوجه به محیط زیست ماهی حفظ کیفیت آب و آشنایی با مواد شیمیایی سمی موجود در آب و به‌دست آوردن میزان دقیق غلظت کشنده مواد، به‌عنوان یکی از عوامل مهم در دستیابی به تولید مناسب مطرح می‌باشد (Khunyakari et al., 2001). حضور فلزات در آب از جمله مواردی هستند که سبب برهم زدن کیفیت آب می‌شوند و همواره از فاکتورهای اساسی کاهش تولید آبزیان به‌حساب می‌آیند. عناصر فلزی موجود در آب در غلظت‌های بالا می‌توانند مسمومیت‌های کشنده را در ماهی به‌وجود آورند (Thirumavalavan, 2010). فلزات سنگین کمتر از ۱٪ وزن بدن موجودات زنده را تشکیل می‌دهند، به‌طوری‌که نوسانات غلظت آن سبب ناپایداری محیط و ایجاد اختلال می‌شود. ازجمله واکنش‌های استرس‌زا که در نتیجه حضور فلزات سمی در آب رخ می‌دهد می‌توان به تغییرات فیزیولوژی (تغییر ترکیب خون) اشاره کرد (Ololade and Oginni, 2010). بررسی‌های انجام شده در مناطق آلوده لوئیزیانای جنوبی در ایالات متحده آمریکا بر تغییرات محیطی فلزات روی، مس، نیکل، آهن، سرب، کروم، آلومینیم، کادمیم و نقره مشخص کرد که میزان فلزات فوق در رسوبات سطحی رودخانه‌های منطقه، بیش از مقادیر همین عناصر در رسوبات عمیق است. این بررسی‌ها نشان داد فاضلاب‌های شهری بیشترین تأثیر را در افزایش بار فلزات تخلیه شده در محیط دارند (Ramelow, 1992). منابع اصلی فلزات سنگین معمولاً پساب‌های صنعتی حاصل از کارخانه‌جات تولیدی، آب‌فلزکاری و معادن می‌باشد. سایر منابع این فلزات در آب‌های سطحی، فاضلاب‌های شهری و همچنین آب‌های حاصل از شست و شوی جاده‌ها است (Naserabad et al., 2015). میزان جذب و تجمع فلزات سنگین توسط آبزیان به نوع عنصر و آبی، فیزیولوژی بدن جاندار، شرایط اکولوژیک، رفتار تغذیه‌ای، آلودگی‌های محیطی، سطح غذا، سن، اندازه، زمان ماندگاری فلزات و فعالیت‌های تنظیمی هموستازی بدن بستگی دارد (Ololade and Oginni, 2010; Witeska and Jezierska, 2003). در هر صورت جانداران آبی در معرض غلظت‌های مختلفی از فلزات سنگین در محیط‌های آبی هستند. این مواد می‌توانند سبب تجمع در بافت‌های ماهی و انباشت زیستی شوند (Zahedi et al., 2014). تاکنون مطالعات مختلفی در زمینه مسمومیت با عناصر سمی در ماهی سفید صورت گرفته است (Naserabad, et al., 2015; Khoshnood, et al., 2014) اما بررسی مسمومیت حاد با فلزات آهن و نیکل در ماهی سفید تازگی دارد. لذا ضرورت انجام این طرح با هدف تعیین غلظت کشنده نیکل و آهن در ماهی سفید تحت شرایط آزمایشگاهی صورت می‌گیرد. دانستن غلظت کشنده فلزات در ماهی سفید می‌تواند کمک شایانی در رفع و پیشگیری این عارضه توسط استفاده از مواد

رزینی همچون ژئولیت‌ها نموده و اطلاعات به‌دست آمده در خصوص تعیین سطوح سمیت، نقش مؤثری در بهبود جمعیت ماهیان در ضمن مهاجرت خواهد داشت.

مواد و روش‌ها

آزمایشات تحت شرایط ثابت دما و pH ($T=25\pm 1^{\circ}\text{C}$ ، $\text{pH}=8/1\pm 0/2$) در محیط آزمایشگاهی صورت گرفت. آزمایشات به‌روش آب ساکن (Water Static Method) در مدت ۹۶ ساعت انجام شد. از سنگ هوا، به منظور هوادهی استفاده شد. بچه‌ماهیان سفید با وزن متوسط $1\pm 0/5$ گرم از کارگاه تکثیر و پرورش سیجوال (بندرترکمن) تهیه شدند. در طول آزمایشات غذادهی انجام نمی‌شد. ظروف آزمایش، تشت‌های پلاستیکی با حجم آبی ۳ لیتر بود. آزمایشات با ۶ تیمار و سه تکرار صورت گرفت. یک گروه نیز به‌عنوان شاهد در نظر گرفته شد که فاقد مقادیر سولفات نیکل و آهن بود.

آزمایشات در دو مرحله انجام شد. مرحله اول از نمک سولفات نیکل (NiSO_4) به‌عنوان فلز نیکل در آزمایشات استفاده شد (Ololade and Oginni, 2010). در مرحله دوم از نمک سولفات آهن (FeSO_4) به‌عنوان فلز آهن استفاده شد (Zahedi et al., 2014). نمک‌های مورد نظر پس از تعیین حجم آبی به‌صورت پودر و پس از انتقال ماهی‌ها به ظروف آزمایشی به آب اضافه شد. به این منظور براساس آزمایشات مقدماتی مقدار مورد نظر از نمک براساس جرم مولکولی محاسبه و به نسبت حجم آبی هر تیمار به آن اضافه گردید (فرمول ۱):



۱۳ قطعه بچه‌ماهی سفید در معرض غلظت‌های مختلفی از سولفات نیکل از ۰ تا ۴۰ میلی گرم در لیتر (۰، ۵، ۱۵، ۳۰، ۴۰، ۲۵، ۱۵، ۵ میلی گرم در لیتر) و سولفات آهن از ۱۰۰ تا ۱۶۰ میلی گرم در لیتر (۱۶۰، ۱۵۵، ۱۵۰، ۱۴۰، ۱۲۰، ۱۰۰ میلی گرم در لیتر) قرار گرفتند. در هر مرحله از آزمایش برای رسیدن به غلظت مورد نظر (غلظت کشنده) یکسری آزمایشات مقدماتی در چندین مرحله با غلظت‌های فرضی برای نیکل (۰، ۵۰، ۸۰، ۲۰، ۵، ۰/۵، ۰ میلی گرم در لیتر) و آهن (۰، ۲۰۰، ۱۵۰، ۱۰۰، ۵۰، ۰ میلی گرم در لیتر) انجام شد که در آن تعداد تلفات، درصد تلفات و درصد بقاء ماهی در هر مرحله ثبت گردید.

علائم ظاهری و رفتاری مسمومیت با فلزات آهن و نیکل در طول آزمایشات ثبت شد. به‌منظور بررسی علائم مسمومیت، از آبشش ماهیانی که در معرض غلظت‌های کشنده آهن و نیکل قرار داشتند، برش‌هایی تهیه و پس از تثبیت در فرمالین ۱۰٪ و انتقال به آزمایشگاه پاتوبیولوژی، مقاطع بافتی به‌روش مرسوم تهیه و با استفاده از روش هماتوکسیلین-ئوزین (Haematoxylin-Eosin) رنگ‌آمیزی انجام شد (Ramírez-Duarte, et al., 2008).

آزمایش با استفاده از طرح کاملاً تصادفی با ۶ تیمار و سه تکرار برای هر مرحله صورت گرفت. داده‌ها با استفاده از آنالیز واریانس یکطرفه (ANOVA) و با استفاده از آزمون دانکن در سطح معنی‌داری ۰/۵٪ مقایسه شدند. جهت تعیین غلظت‌های کشنده از منحنی شیب درصد تلفات در غلظت‌های مختلف و براساس مدل میکایل-منتن و با استفاده از نرم‌افزار SPSS-15 استفاده شد.

نتایج

درصد تلفات ماهی در غلظت‌های مختلف نیکل (۴۰، ۳۵، ۳۰، ۲۵، ۱۵، ۵، ۰ میلی گرم در لیتر) بعد از گذشت ۹۶ ساعت به ترتیب برابر ۱۰۰ و ۹۲/۳۰، ۸۴/۶۱، ۵۳/۸۴، ۴۶/۱۵، ۱۵/۳۸، ۰ به دست آمد (جدول ۱). باتوجه به درصد تلفات ماهی و منحنی شیب خط رگرسیون غلظت نیمه کشنده (LC_{50}) نیکل برابر با ۱۸/۵۴ میلی گرم در لیتر به دست آمد (شکل ۱). با افزودن نمک نیکل به ظروف آزمایشی در همان ساعات اولیه تلفات ماهی نمایان شد. از طرفی با افزایش غلظت نیکل اختلاف معنی‌داری در درصد بقاء و درصد تلفات در گروه‌های مورد آزمایش مشاهده شد ($P < 0/05$).

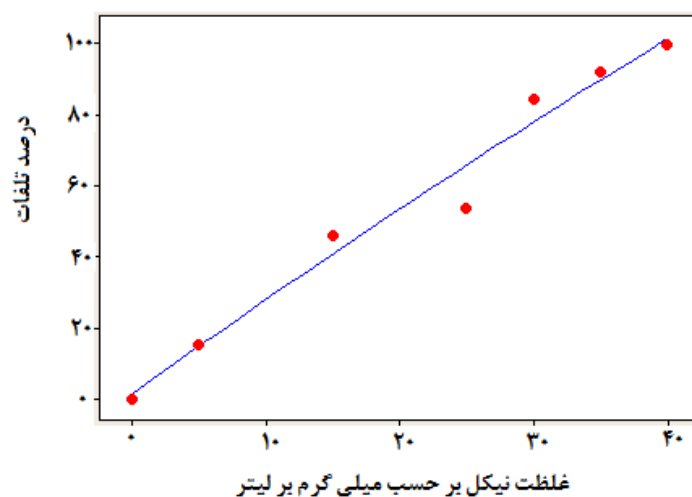
پس از گذشت ۹۶ ساعت غلظت کشنده آهن برای ماهی سفید ۱۵۵ میلی گرم در لیتر به دست آمد (جدول ۲). نتایج حاصل از آزمایشات مقدماتی بیانگر افزایش درصد تلفات با افزایش غلظت آهن بود. به طوری که مطالعات نشان داد، درصد تلفات ماهی در غلظت ۱۸۰ میلی گرم در لیتر در ۲۴ ساعت اول برابر ۱۰۰ درصد بود. درصد تلفات ماهی در غلظت ۱۶۰ میلی گرم در لیتر در ۲۴ ساعت اول برابر ۴۶/۱۵ درصد، در ۴۸ ساعت برابر ۶۹/۲۳ درصد و در ۷۲ ساعت برابر ۱۰۰ درصد بود. نتایج حاصل از آزمایش نشان داد درصد تلفات ماهی در غلظت نهایی (۱۵۵ میلی گرم در لیتر) در ۲۴ ساعت اول برابر با ۳۸/۴۶ درصد، در ۴۸ ساعت برابر با ۵۳/۸۴ درصد، در ۷۲ ساعت برابر ۹۲/۳ درصد و در ۹۶ ساعت برابر با ۱۰۰ درصد بوده است (جدول ۳). نتایج مطالعات بیانگر اختلاف معنی‌دار در بین گروه‌ها در زمان‌های مختلف بود ($P < 0/05$) با استفاده از منحنی درصد تلفات ماهی در غلظت‌های مختلف آهن غلظت نیمه کشنده ماهی در مدت ۹۶ ساعت (LC_{50} -96h) برابر ۱۲۴/۹ میلی گرم در لیتر به دست آمد (شکل ۲).

علائم ظاهری مسمومیت با آهن و نیکل در طی آزمایشات بصورت تشنجات عصبی، برخورد ماهی با کناره‌های تشت، سعی در بیرون پریدن از ظروف آزمایشی، باز و بسته شدن سریع سرپوش‌های آبششی و دهان، حرکات متناوب خم شدن ستون فقرات و پر خون شدن آبشش‌ها بود. بررسی مقاطع بافتی تهیه شده از آبشش ماهیانی که در معرض غلظت کشنده فلزات بودند، بیانگر خونریزی در آبشش، نکروز سلول‌های پوششی آبشش و هیپرپلازی راس سلول‌های آبششی بود (شکل‌های ۳ الی ۶).

بررسی مسمومیت حاد با نیکل و آهن (96h) در ماهی سفید دریای خزر...

جدول ۱- درصد تلفات بچه ماهی سفید (*R. kutum*) در غلظت‌های مختلف نیکل بعد از گذشت ۹۶ ساعت تحت شرایط ثابت

تیمار مورد آزمایش	غلظت نیکل (میلی گرم در لیتر)	تعداد تلفات	درصد تلفات	تعداد زنده‌ها	درصد بقاء
۱	۰	۰	۰	۱۳	۱۰۰
۲	۵	۲	۱۵/۳۸	۱۱	۸۴/۶۱
۳	۱۵	۶	۴۶/۱۵	۷	۵۳/۸۴
۴	۲۵	۷	۵۳/۸۴	۶	۴۶/۱۵
۵	۳۰	۱۱	۸۴/۶۱	۲	۱۵/۳۸
۶	۳۵	۱۲	۹۲/۳۰	۱	۷/۶۹
۷	۴۰	۱۳	۱۰۰	۰	۰



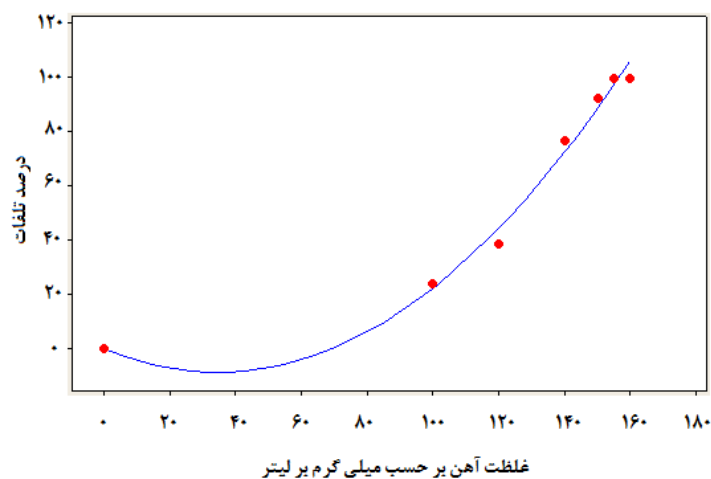
شکل ۱- منحنی شیب خط رگرسیون درصد تلفات بچه ماهی سفید (*R. kutum*) در معرض غلظت‌های مختلف نیکل بعد از گذشت ۹۶ ساعت

جدول ۲- درصد تلفات بچه‌ماهی سفید (*R. kutum*) در برابر غلظت‌های مختلف آهن بعد از گذشت ۹۶ ساعت تحت شرایط ثابت

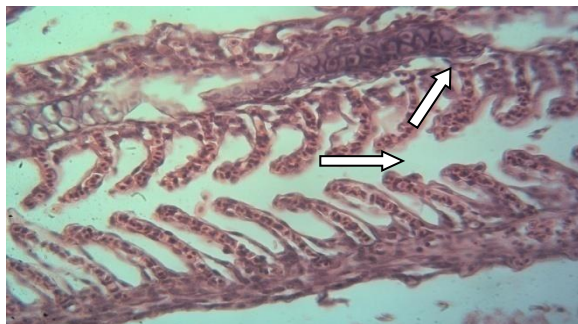
تیمار مورد آزمایش	غلظت آهن (میلی گرم در لیتر)	تعداد تلفات	درصد تلفات	تعداد زنده- ها	درصد بقاء
شاهد	۰	۰	۰	۱۳	۱۰۰
۱	۱۰۰	۳	۲۳/۰۷	۱۰	۷۶/۹۲
۲	۱۲۰	۵	۳۸/۴۶	۸	۶۱/۵۳
۳	۱۴۰	۱۰	۷۶/۹۲	۳	۲۳/۰۷
۴	۱۵۰	۱۲	۹۲/۳۰	۱	۷/۶۹
۵	۱۵۵	۱۳	۱۰۰	۰	۰
۶	۱۶۰	۱۳	۱۰۰	۰	۰

جدول ۳- درصد تلفات بچه‌ماهی سفید (*R. kutum*) در معرض غلظت کشنده نیکل (۱۵۵ میلی گرم در لیتر) طی زمان‌های مختلف

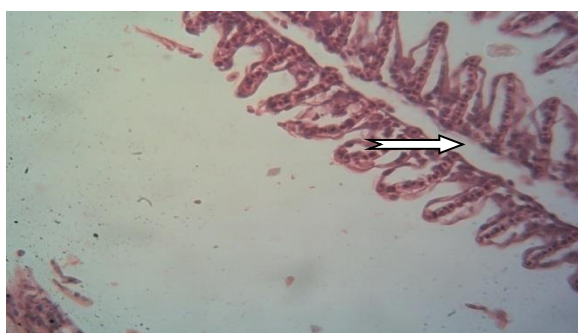
زمان‌های مورد آزمایش	بعد از گذشت ۲۴ ساعت	بعد از گذشت ۴۸ ساعت	بعد از گذشت ۷۲ ساعت	بعد از گذشت ۹۶ ساعت
تعداد تلفات	۵	۷	۱۲	۱۳
درصد تلفات ماهی	۳۸/۴۶	۵۳/۸۴	۹۲/۳۰	۱۰۰



شکل ۲- منحنی شیب خط رگرسیون درصد تلفات بچه‌ماهی سفید (*R. kutum*) در معرض غلظت‌های مختلف آهن بعد از گذشت ۹۶ ساعت



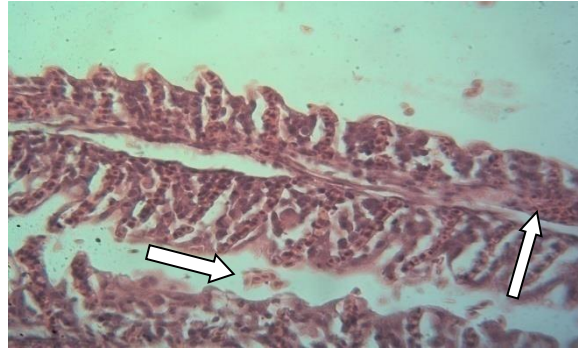
شکل ۳- آبشش بچه ماهی سفید (*R. kutum*) که در معرض غلظت کشنده آهن قرار داشتند. نوک پیکان پر خونی و چماقی شدن رشته های آبشش را نشان می دهد (بزرگنمایی ۴۰۰ ، رنگ آمیزی هماتوکسیلین -ئوزین).



شکل ۴- آبشش بچه ماهی سفید (*R. kutum*) که در معرض غلظت کشنده آهن قرار داشتند. نوک پیکان ادم را در رشته های آبشش نشان می دهد (بزرگنمایی ۴۰۰ ، رنگ آمیزی هماتوکسیلین -ئوزین).



شکل ۵- آبشش بچه ماهی سفید (*R. kutum*) که در معرض غلظت کشنده نیکل قرار داشتند. نوک پیکان پر خونی و هیپریلازی راس رشته های آبشش را نشان می دهد (بزرگنمایی ۴۰۰ ، رنگ آمیزی هماتوکسیلین -ئوزین).



شکل ۶- آبشش بچه‌ماهی سفید (*R. kutum*) که در معرض غلظت کشنده نیکل قرار داشتند. نوک پیکان خونریزی و پرخونی رشته‌های آبشش را نشان می‌دهد (بزرگنمایی ۴۰۰، رنگ آمیزی هماتوکسیلین - اتوزین).

بحث و نتیجه‌گیری

آزمایشات حاضر به‌منظور تعیین غلظت کشنده فلزات نیکل و آهن در ماهی سفید به مدت ۹۶ ساعت تحت شرایط آزمایشگاهی صورت گرفت. حساسیت ماهی به مواد سمی یک فاکتور مهم برای تعیین غلظت نیمه‌کشنده مواد است. عواملی مختلفی در مقاومت ماهی در برابر سموم نقش دارند که از جمله سن، جنس ماهی، گونه و شرایط محیطی خصوصاً دما و pH قابل ذکر می‌باشد (Giguere et al., 2004) افزایش بیش از حد هر یک از عناصر نیکل و آهن در محیط‌های آبی می‌توانند سبب مسمومیت شدید ماهی با آن شود. همانطوریکه نتایج حاصل از آزمایش نشان داد، علائم ظاهری مسمومیت با فلز نیکل و آهن شامل تشنجات عصبی شدید در ماهی، سعی در بیرون پریدن ماهی از تشت‌های آزمایش، بلعیدن هوا از سطح، رنگ‌پریدگی در ماهی و خمیدگی مداوم عضلات ماهی بود. ماهیان در غلظت‌های بالا به شدت در اطراف سنگ‌های هوا تجمع کرده و سعی در بیرون پریدن از تشت‌ها داشتند. این امر با یافته‌های سایر محققین مطابقت دارد (Ololade and Oginni, 2010; Farhangi and Hajimoradloo, 2009). تحقیقات انجام شده روی گربه ماهی آفریقایی نشان داد که میانگین پیش‌بینی شده غلظت نیمه‌کشنده سولفات نیکل در ۹۶ ساعت برابر با ۸/۸ میلی‌گرم در لیتر است (Ololade and Oginni, 2010). همچنین تحقیقات نشان داد که در غلظت بالای نیکل شنای نامنظم، افزایش سطحی لایه مخاطی، ضایعه اندامی پوست و نهایتاً مرگ در ماهیان اتفاق می‌افتد (Naserabad et al., 2015; Ololade and Oginni, 2010). در مطالعات صورت گرفته توسط شهبازی ناصرآباد و همکاران (Naserabad et al., 2015) ثابت شد که ماهیان سفیدی که در معرض غلظت-های سمی از قارچ کش قرار داشتند رفتارهای غیرطبیعی همچون فعالیت سریع سرپوشهای آبششی، شنای ناموزون، کبودی باله دمی و بیرون زدگی چشم از خود نشان دادند. آزمایشات حاضر نشان داد، تغییرات

رفتاری ماهی در مقابله با فلز نیکل در مقایسه با فلز آهن شدیدتر است. همان طوری که در نمودار ۱ و ۲ نشان داده شده است با افزایش غلظت نیکل و آهن در آزمایشات درصد تلفات ماهی نیز بطور معنی داری افزایش یافت ($P < 0.05$). در هر صورت نتایج حاصل از آزمایشات نشان داد که بیشترین درصد تلفات در همان ساعات اولیه آزمایش رخ داد (۲ تا ۴ ساعت پس از آزمایش). آزمایشات مختلف نیز مؤید این امر است (Farhangi and Hajimoradloo, 2009; Naji et al., 2007; Naserabad et al., 2015).

شهبازی ناصرآباد و همکاران (Naserabad et al., 2015) در مطالعات خود روی ماهی سفید بیان کردند که در غلظت نیمه کشنده، بیشترین تلفات در ۲۴ ساعت اول رخ می دهد و با گذشت زمان میزان تلفات کاهش می یابد. آزمایشات مقدماتی نشان داد، غلظت بی اثر برای فلز نیکل ۲۰ میلی گرم در لیتر و برای فلز آهن ۵۰ میلی گرم در لیتر بود که در این غلظت ها هیچ علائمی از تغییرات ظاهری، رفتاری و فیزیولوژی در ماهی مشاهده نشد (NOEC). همان طوری که آزمایشات نشان می دهد شدت اثرگذاری فلز نیکل در مقایسه با فلز آهن به مراتب بالاتر است و این امر حساسیت ماهی سفید را به نیکل نشان می دهد. با مطالعه اثرات سمیت عناصر روی، نیکل و آهن بر ماهی سفید مشاهده می شود ماهی سفید به روی نسبت به مواد دیگر حساسیت کمتری نشان می دهد و نسبت به نیکل از حساسیت بیشتری برخوردار است.

به هر حال در شرایط طبیعی عوامل مختلفی می تواند در شدت اثر یک آلاینده تأثیرگذار باشند که این عوامل در شرایط آزمایشی تحت کنترل می باشد. مطالعات نشان داده است با افزایش عناصر سمی در آب، این مواد ضمن اثرات مستقیم بر اندام های ماهی، به طور غیرمستقیم نیز از طریق افزایش دفع آمونیاک توسط ماهی، افزایش مصرف اکسیژن در اثر استرس وارد شده، تأثیر بگذارد (Sajid and Javed, 2006). اولولاده و اوگینی (Ololade and Oginni, 2010) بیان داشتند که استرس، یک پاسخ عمومی به عوامل ناخواسته در محیط است که می تواند باعث تحریکات عصبی، تغییر در ترکیب خون و مکانیزم دفاعی شود. غلظت های تأثیرگذار مواد سمی می توانند بر متابولیسم ماهی و کارایی بافت های ماهی تأثیر به سزایی بگذارند. نتایج حاصل از آسیب شناسی بافت ماهیانی که در معرض غلظت های مختلف آهن و نیکل قرار داشتند نشان داد که بیشترین ضایعات در آبشش شامل هیپرپلازی راس رشته های آبششی، اتساع لاملاهای ثانویه و ادم می باشد. درخصوص نتایج به دست آمده از بافتهای کبد و کلیه نیز ضایعات شامل نکروز سلول های کبدی و مجاری کلیوی و خونریزی بوده است. گرچه شدت اثرگذاری هر سم بر هر بافت متغیر بوده، با این حال نتایج مطالعات مختلف مؤید این امر است (Zahedi et al., 2014; Athikesavan et al., 2006). در تحقیقات صورت گرفته توسط زاهدی و همکاران (Zahedi et al., 2014) بر ماهی کلمه (*Rutilus rutilus caspicus*) مشخص شد که در بین سمیت ۴ فلز آهن، منیزیم و آلومینیوم، کمترین سمیت ایجاد شده مربوط به آهن بود (۱۲۲/۹۸ میلی گرم در لیتر). آتیکیساون و همکاران (Athikesavan et al., 2006) اثرات سمیت نیکل را بر ترکیبات شیمیایی آبشش، روده، کلیه، کبد و بافت ماهیچه ای ماهی

فیتوفاگ بررسی نمودند. آنها بیان داشتند، با افزایش زمان قرارگیری ماهی در معرض فلز نیکل لاملای ثانویه از بین رفته، هیپرپلازی سطح پوششی و تجمع گلبول‌های قرمز خون اتفاق افتاده است. خونیاکاری و همکاران (Khunyakari et al., 2001) سمیت عناصر مس، روی و نیکل را بر ماهی *Poecili areticulata* مورد مطالعه قرار دادند. آنها بیان کردند در ماهیانی که در معرض مواد سمی قرار گرفتند، ترشح موکوس افزایش یافته و دفع بیش از اندازه صورت می‌گیرد.

در بافت ماهیان گروه شاهد اثرات خفیفی از هیپرپلازی راس رشته‌های آبششی دیده شد که می‌تواند ناشی از اثر یک عامل خارجی به‌عنوان یک فاکتور استرس‌زا باشد. آنچه که مسلم است رفتارهای ظاهری انواع ماهیان در معرض سموم مختلف به یک شکل ظاهر می‌شود. گرچه شدت این تظاهرات در گونه‌های مختلف متفاوت است.

تشکر و قدردانی

مقاله حاضر مستخرج از طرح تحقیقاتی به شماره ثبت ۶/۵۸۹ و تحت حمایت مالی دانشگاه گنبدکاوس بوده است. بدینوسیله از معاونت محترم آموزشی-پژوهشی، مدیریت پژوهشی و فن‌آوری و گروه شیلات دانشگاه گنبدکاوی کمال تشکر را دارد.

منابع

- Athikesavan S., Vincent S., Ambrose T., Velmurugan B. 2006. Nickel induced histopathological changes in the different tissues of freshwater fish, *Hypophthalmichthys molitrix* (Valenciennes). *Journal of Environmental Biology*, 27(2): 391-395.
- Farhangi M., Gholipour Kanani H., Aliakbariyan A., Kashani K. 2014. Effect of copper sulphate on behavioral and histopathological changes in roach, *Rutilus rutilus caspicus*. *Caspian Journal Environment Science*, 12(1): 73-79.
- Farhangi M., Hajimoradloo A.M. 2009. Effect of Clinoptilolite Zeolite to prevent of mortality of rainbow trout (*Oncorhynchus mykiss*) by total ammonia concentration. The first international congress on aquatic animal health management and diseases. Tehran, Iran.
- Gharedaashi E., Nekoubin H., Imanpoor M.R., Taghizadeh V. 2013. Effect of copper sulfate on the survival and growth performance of Caspian Sea kutum, *Rutilus frisii kutum*. *Springer Plus*, 2(498): 1-5.
- Giguere A., Campbell P.G.C., Hare L., McDonald D.G., Rasmussen J.B. 2004. Influence of lake chemistry and fish age on Cadmium, Copper, Zinc concentrations in various organs of indigenous yellow perch (*Perca flavescens*). *Canadian Journal of Fisheries and Aquatic Science*, 61:1702-1716.

- Khoshnood Z., Jamili Sh., Khodabandeh S., Mashinchian Moradi A., Motallebi Moghanjoghi A.A. 2014. Histopathological effects and toxicity of atrazine herbicide in Caspian Kutum, *Rutilus frisii kutum*, fry. Iranian Journal of Fisheries Science, 13(3): 702-718.
- Khunyakari R.P., Vrushali T., Sharma R.N., Tare V. 2001. Effects of some trace heavy metals on *Poecilia reticulata*, Journal of Environment Biology, 22(2): 141-144.
- Naji T., Safaeiyan S.H., Rostami M., Sabrjoo M. 2007. The study of effect Zn Sulfate salt on *Cyprinus carpio* gill. Journal of Environmental Sciences and Technology, 9 (2): 29-36. (In Persian).
- Naserabad S.S., Mirvaghefi A., Gerami M.H., Farsani H.G. 2015. Acute toxicity and behavioral changes of Caspian kutum (*Rutilus frisii Kutum* Kamensky, 1991) and Caspian roach (*Rutilus rutilus caspicus* Jakowlew, 1870) exposed to the fungicide hinosan. African Journal of Biotechnology, 14(20): 1737-1742.
- Ololade A., Oginni I. 2010. Toxic stress and hematological effects of African catfish, *Clarias gariepinus*, fingerlings. Journal of Environmental Chemistry and Ecotoxicology, 2 (2): 14-19.
- Ramelow R. 1992. The identification of point sources of heavy metals in industrially impacted water way by periphyton and surface sediment monitoring. Water Air and Soil Pollution, 65(157): 527-641.
- Ramírez-Duarte W.F., Rondón-Barragán I.S., Pedro R., Eslava-Mocha P.R. 2008. Acute toxicity and histopathological alterations of Roundup herbicide on cachama blanca (*Piaractus brachypomus*). Pesquisa Veterinária Brasileira, 28(11): 1001-1007.
- Sajid A., Javed M. 2006. Studies on acute toxicity of metals to the fish *Catla catla*. Pakistan Journal of Biological Sciences, 9(9): 1807-1811.
- Thirumavalavan R. 2010. Effect of copper on carbohydrate metabolism fresh water fish, *Catla catla*. Asian Journal of Science and Technology, 5: 095-099.
- Witeska M., Jezierska B. 2003. The effect of environmental factors on metal toxicity to fish. Fresenius Environmental Science and Pollution Research, 10(5): 824-829.
- Zahedi S., Vaezzade H., Rafati M., Zarei Dangesaraki M. 2014. Acute toxicity and accumulation of iron, manganese and, aluminum in Caspian Kutum fish (*Rutilus kutum*). Iranian Journal of Toxicology, 8(24): 1028-1033.

